5 月 May
2020, 63(5): 597 – 603
昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
http://www.insect.org.cn
doi: 10.16380/j.kcxb.2020.05.009

# 草地贪夜蛾幼虫在玉米和小麦上的取食和生长发育特性比较

吕 亮[1], 李雨晴[2], 陈从良[3], 常向前[1], 张 舒[1], 许 冬[1], 万 鹏[1,*]

(1. 农业农村部华中作物有害生物综合治理重点实验室, 湖北省农业科学院植保土肥研究所, 武汉 430064; 2. 湖北工程学院生命科学学院, 湖北孝感 432000; 3. 湖北省咸宁市通山县农业农村局, 湖北咸宁 437600)

**摘要:**【目的】评估草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 转移至小麦上为害和暴发的风险。【方法】采用室内饲养观察与调查统计的方法,测定和比较了23℃下草地贪夜蛾在玉米和小麦上的取食和生长发育特性及种群生命表参数。【结果】草地贪夜蛾在小麦上可以完成世代,其3龄后幼虫取食小麦的取食量及体重指标显著地高于同处理后时间在玉米上取食的;而食物利用效率、幼虫存活率、幼虫发育历期、卵孵化率均显著低于取食玉米的。取食玉米和取食小麦的草地贪夜蛾的平均蛹重、产卵前期、单雌产卵量等指标间无显著差异。另外,生命表参数比较结果表明,取食玉米和取食小麦的草地贪夜蛾的平均世代周期($T$)、内禀增长率($r_m$)和周限增长率($\lambda$)间均无显著差异,取食玉米的草地贪夜蛾的净增殖率($R_0$)为303.55±2.04,显著高于取食小麦的。【结论】草地贪夜蛾取食小麦时,生长发育速度快,能够完成世代生活史,但其食物利用效率、种群繁殖能力等却均低于取食玉米时,说明草地贪夜蛾更适宜在玉米上取食为害,存在转移至小麦为害的风险,但考虑到虫源、自然温度等条件,草地贪夜蛾在小麦上暴发的风险较小。本研究结果为明确草地贪夜蛾在小麦上为害和暴发的风险以及草地贪夜蛾的科学防控提供了理论依据。

**关键词:** 草地贪夜蛾; 寄主植物; 取食; 生长发育; 玉米; 小麦

**中图分类号:** Q968 **文献标识码:** A **文章编号:** 0454-6296(2020)05-0597-07

# Comparison of the feeding and growth characteristics of larvae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), on corn and wheat

LÜ Liang[1], LI Yu-Qing[2], CHEN Cong-Liang[3], CHANG Xiang-Qian[1], ZHANG Shu[1], XU Dong[1], WAN Peng[1,*] (1. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Central China, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Institute for Plant Protection and Soil Fertilizer, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China; 2. Life College of Hubei Engineering University, Xiaogan, Hubei 432000, China; 3. Bureau of Agriculture and Rural of Tongshan County, Xianning, Hubei 437600, China)

**Abstract:**【Aim】To assess the risk of damage and outbreak caused by the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, shifted to wheat.【Methods】The feeding and growth characteristics and population life table parameters of *S. frugiperda* on corn and wheat under 23℃ in the laboratory were determined and compared by indoor breeding and survey statistics.【Results】*S. frugiperda* could complete its life cycle on wheat, and the food intake and body weight of larvae after the 3rd instar fed on wheat were

基金项目: 湖北省农业科技创新行动项目(NYKJ2019011)
作者简介: 吕亮, 男, 1975年7月生, 湖北武穴人, 硕士, 副研究员, 研究方向为昆虫生态学, E-mail: lvlianghbaas@126.com
* 通讯作者 Corresponding author, E-mail: wanpenghb@126.com
收稿日期 Received: 2020-01-13; 接受日期 Accepted: 2020-05-07

significantly higher than those fed on corn at the same time after treatment, but the food utilization efficiency, larval survival, larval duration, and egg hatching rate fed on wheat were significantly lower than those fed on corn. There were no significant differences in such indexes as the average pupal weight, pre-oviposition period, and number of eggs laid per female of *S. frugiperda* fed on corn and wheat. In addition, the comparison of life table parameters showed that there were no significant differences in the mean generation time ($T$), intrinsic rate of increase ($r_m$), and finite rate of increase ($\lambda$) of *S. frugiperda* fed on corn and wheat, but the net reproductive rate ($R_0$) of *S. frugiperda* fed on corn was 303.55 ± 2.04, which was significantly higher than that fed on wheat. 【Conclusion】*S. frugiperda* fed on wheat grows and develops fast and can complete the life cycle. However, the food utilization efficiency and population reproductive ability of *S. frugiperda* fed on wheat are lower than those on corn, suggesting that *S. frugiperda* is more suitable for feeding on corn. There is a risk of shifting to damage wheat by *S. frugiperda*. But considering the source of the pest, natural temperature and other conditions, *S. frugiperda* is less likely to have an outbreak during damaging wheat. The results of this study provide basic data for clarifying the risk of *S. frugiperda* damage and outbreak on wheat and the scientific control of *S. frugiperda*.

**Key words**: *Spodoptera frugiperda*; host plant; feeding; growth; corn; wheat

草地贪夜蛾 *Spodoptera frugiperda* 属鳞翅目夜蛾科重要害虫,俗称“秋黏虫”,源于美洲热带和亚热带地区(Todd and Poole, 1980),主要为害玉米等多种禾本科作物(Montezano, *et al*., 2018),有“水稻型”(rice strain)和“玉米型”(corn strain)两种不同生物型(Pashley, 1986; Pashley and Martin, 1987),具有寄主范围广、繁殖力强、适应性强和长距离迁飞等特点。2019 年 1 月,我国云南省普洱市江城县玉米地首次观测到有草地贪夜蛾发生(杨学礼等, 2019),后迅速蔓延扩散至我国 26 个省区市的 1 518 个县(姜玉英等, 2019a),严重威胁了我国粮食的安全生产。

自草地贪夜蛾侵入以来,我国学者相继对草地贪夜蛾展开了广泛而深入的研究。张磊等(2019)利用分子标记研究发现,入侵我国的草地贪夜蛾群体很可能来自一个“水稻型”母本和“玉米型”父本杂交群体的后代,是一种特殊的“玉米型”;何莉梅等(2019)研究了草地贪夜蛾各发育阶段的发育起点温度和有效积温,建立了发育历期的预测模型;鲁智慧等(2019)比较了 17, 22, 27, 32, 37 和 42℃ 下草地贪夜蛾的存活率、发育历期、体重及繁殖力等;谢殿杰等(2019)则研究了 20, 24, 28, 32 和 36℃ 下的草地贪夜蛾室内种群发生动态,组建了年龄-阶段两性生命表,明确在 20 ~ 36℃ 范围内,草地贪夜蛾均能完成生长发育和生殖,24 ~ 32℃ 是草地贪夜蛾幼虫的最适生长发育温度范围,24℃ 是成虫最适的繁殖温度;田间调查显示,草地贪夜蛾在我国除为害玉米外,还可为害甘蔗(杨普云等, 2019)、高粱(顾偌铖等, 2019)、马铃薯(赵猛等, 2019)、甘蓝(刘银泉等, 2019)、薏苡(邹春华和杨俊杰, 2019)、小麦(徐丽娜等, 2019)等多种作物。

众所周知,玉米与小麦均是我国重要的粮食作物,且玉米与小麦轮作是目前我国许多地方的一种重要耕作制度。那么 2019 年在我国玉米上暴发为害的草地贪夜蛾可否在小麦上暴发?另外,我国南方地区农业复种指数特别高,玉米、小麦等粮食作物在田间有生长时间重叠现象,当田间多种寄主并存时,草地贪夜蛾发生规律又如何?这些都是当前我们急需明确的问题。截至目前,国内外关于草地贪夜蛾在小麦上生长发育、繁殖等的研究渐有报道。比如,徐丽娜等(2019)报道了草地贪夜蛾幼虫可以取食小麦;巴吐西等(2020)报道了草地贪夜蛾在玉米、小麦上的实验种群生命表,指出小麦亦是草地贪夜蛾的适宜寄主,草地贪夜蛾有在小麦上发生为害的风险。综上研究表明,在试验条件下,草地贪夜蛾适宜在小麦上生长并可造成为害。但由于我国小麦生长于冬春季,期间环境温度偏低,在此条件下草地贪夜蛾能否在玉米和小麦上自由转移,转移至小麦上的草地贪夜蛾种群能否暴发为害?这些仍是目前未明确的问题。因此本研究采用室内恒温饲养与观察的研究方法,选择了相对适合小麦生长的 23℃ 温度条件,有限模拟自然条件,测定和比较了草地贪夜蛾幼虫取食玉米和小麦时对食物的利用效率、生长发育、种群生命表参数等情况,以期为评估草地贪夜

蛾在小麦和玉米等适宜寄主间转移，从而能否造成草地贪夜蛾暴发为害提供理论依据，最终为入侵害虫草地贪夜蛾在我国的科学合理防控提供支撑。

## 1　材料与方法

### 1.1　供试材料

**1.1.1**　供试虫源及饲养：于 2019 年 7 月 20 日在湖北省通山县大畈镇板桥村夏季玉米地采获草地贪夜蛾高龄幼虫，并带回室内，采用新鲜玉米嫩叶于塑料培养皿（Φ = 8 cm，高 3 cm）中单头饲养。室内饲养环境条件：温度 23 ± 1℃，相对湿度 60% ~ 70%，光周期 16L∶8D。繁殖多代后留取新鲜消毒处理卵块备用。

幼虫采用新鲜叶段单头喂饲法。事先用 5% 甲醛液浸泡备用卵块 15 min，后用蒸馏水漂洗，晾干并待其孵化。卵块孵化后，用塑料培养皿（Φ = 8 cm，高 3 cm）装入足量的新鲜植株叶段，再用较软和的毛笔头挑取并接入 1 头刚孵化的草地贪夜蛾幼虫，供其取食生长。用 Parafilm 封口膜封住培养皿以防幼虫逃逸，培养皿内置湿棉球用以保湿。每天更换一次足量的新鲜饲料。

草地贪夜蛾化蛹后，将新鲜虫蛹置于带有吸水滤纸的培养皿内保存直至其羽化。草地贪夜蛾羽化后，分雌雄并标记置于直径 10 cm，高 25 cm 的圆柱形玻璃瓶（内置有不同寄主的新鲜叶片，收集卵块用）内，盖上留有透气孔（纱布遮盖）的塑料瓶盖，每日饲喂 5% 的蜂蜜水，待其产卵。

草地贪夜蛾产卵后，每天剪取产卵叶片并更换新鲜叶片。剪取的含卵块叶片置于带有吸水滤纸的培养皿内保存。

室内饲养环境条件：温度 23 ± 1℃，相对湿度 60% ~ 70%，光周期 16L∶8D。

**1.1.2**　供试寄主植物：试验用玉米（品种为汉丹 777）和小麦（品种为郑麦 9023），均为温室内种植。用玉米喂饲时，事先取小喇叭口期玉米植株上部 3 ~ 4片叶，用剪刀剪成 2 cm × 2 cm 的新鲜叶段备用；用小麦喂饲时，事先取分蘖期小麦植株上部1 ~ 2 片叶，用剪刀剪成 2 cm 长的新鲜叶段备用。

### 1.2　玉米和小麦上草地贪夜蛾幼虫取食量、体重和食物利用效率观测

接虫后每隔 24 h 调查 1 次，调查时，采用普利赛斯 ES225SM-DR 型电子天平（精确到 0.01 mg）称取每个塑料培养皿中的植物叶段被取食量、幼虫体重、排泄粪便质量，参照李鸿昌等（1987）的方法计算食物利用效率（efficiency of conversion of digested food to body substance，ECD），即消化的食物转换体为体物质的效率。并补充新鲜叶段继续单头饲养至不取食（预蛹）为止。以 30 头初孵幼虫为一处理，玉米和小麦重复 3 次共接 90 头幼虫。ECD 计算公式：

$$\mathrm{ECD}=\frac{\text{体重增加值}}{(\text{摄入的食物量}-\text{粪便排泄量})}\times 100\%。$$

### 1.3　取食玉米和小麦的草地贪夜蛾生长发育和种群生命表参数观测

每 24 h 调查 1 次，并更换一次新鲜饲料，记录幼虫的存活情况、生长发育历期。幼虫化蛹后放入直径 5 cm 塑料培养皿内保存，记录化蛹情况、存活率等，化蛹第 2 天测蛹重。成虫羽化后，记录羽化情况，雌雄配对放入上口直径 10 cm，高 25 cm 的圆柱形玻璃瓶（内置有不同寄主的新鲜叶片，收集卵块用）内，盖上留有透气孔（纱布遮盖）的塑料瓶盖，每日饲喂 5% 的蜂蜜水，成虫开始产卵后，每日更换新鲜叶片，记录产卵前期、每日单雌产卵量，直到成虫（雌/雄）死亡。每培养皿接入 1 头初孵幼虫，以接入 30 头初孵幼虫为一处理，玉米和小麦重复 3 次共接 90 头幼虫。

种群生命表参数的计算参照 Euler-Lotka 公式进行（Chi and Liu，1985）。相关计算公式如下：

种群年龄-阶段特征存活率 $l_x = \sum_{j=1}^{k} s_{xj}$；

种群年龄-阶段特征繁殖力 $m_x = \dfrac{\sum_{j=1}^{k} s_{xj}f_{xj}}{\sum_{j=1}^{k} s_{xj}}$；

净增殖率 $R_0 = \sum l_x m_x$；

内禀增长率 $r_m = (\ln R_0)/T$，平均世代周期 $T = \sum x l_x m_x / R_0$，周限增长率 $\lambda = \mathrm{e}^{r_m}$。

其中：$S_{xj}$指个体从卵发育到 $x$ 年龄 $j$ 龄期的概率；$f_{xj}$指雌成虫在 $x$ 年龄 $j$ 阶段的平均产卵量；$l_x$ 指种群年龄-阶段特征存活率，即从卵发育到年龄 $x$ 的存活率；$m_x$ 指种群年龄-阶段特征繁殖力，即种群在年龄 $x$ 时的平均产卵量；种群年龄-阶段特征繁殖值（$l_x m_x$），即种群在年龄 $x$ 时的净繁殖力。

### 1.4　数据分析

所有数据采用 IBM SPSS Statistics 22.0 数据分析软件进行统计分析，幼虫体重、取食量、排泄量、幼虫历期、蛹重、单雌产卵量、卵孵化率及种群生命表参数均采用单因素方差分析（one-way ANOVA）方法

检测差异显著性。

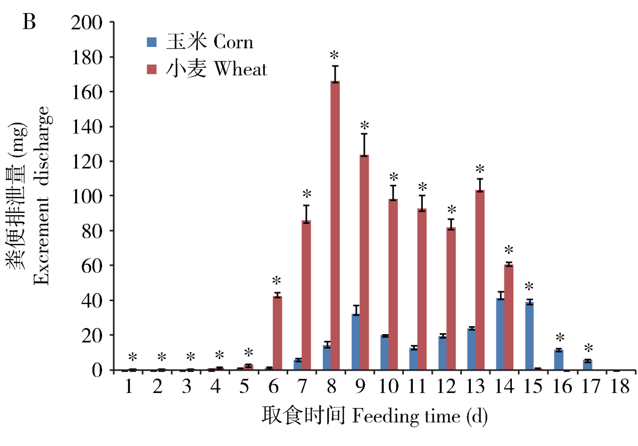
## 2 结果

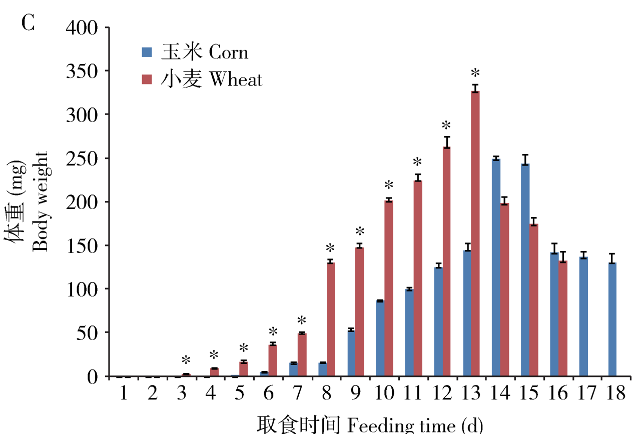
### 2.1 取食玉米和小麦的草地贪夜蛾幼虫取食量、粪便排泄量、体重和食物利用效率比较

从图 1(A)中可看出,23℃下,草地贪夜蛾均可取食玉米、小麦叶片,均在孵化后 4 – 5 d 后(约 3 龄幼虫期)取食量开始明显增加,中期又有一个回落的过程。草地贪夜蛾幼虫大约在取食小麦 16 d 左右即停止取食进入预蛹期,而在玉米上取食,其预蛹期滞后至取食第 18 天以后;比较草地贪夜蛾幼虫在玉米、小麦上的取食量可知,草地贪夜蛾在小麦上的取食量显著地大于取食玉米的($P<0.05$)。从草地贪夜蛾幼虫取食玉米、小麦的粪便排泄量(图 1: B)可知,草地贪夜蛾在小麦上的粪便排泄量亦显著地大于取食玉米的($P<0.05$)。由此可见,草地贪夜蛾在不同寄主上的适应性应该有明显差异。草地贪夜蛾约 3 龄后在小麦上取食量大、粪便排泄量大,草地贪夜蛾似乎更习惯在小麦上取食。究其原因,可能与不同寄主上营养成份、草地贪夜蛾幼虫取食偏好等因素有关。

由图 1(C)中草地贪夜蛾幼虫在玉米、小麦上的体重变化进一步得知,草地贪夜蛾幼虫在小麦上取食 3 d 后,其平均体重均显著地高于同处理后时间玉米上的幼虫($P<0.05$),其平均体重的峰值达到 326.54 mg,显著地高于玉米上的($P<0.05$)。而且在小麦上取食的幼虫进入预蛹、化蛹阶段的时间提前于玉米上的,约在取食 16 d 后,而在玉米上取食的幼虫进入预蛹、化蛹阶段的时间约为取食 18 d 后。由此可见,相对玉米而言,草地贪夜蛾幼虫在小麦上生长发育更快,体重增加更快。

A
取食量 (mg) Food intake
玉米 Corn
小麦 Wheat
取食时间 Feeding time (d)



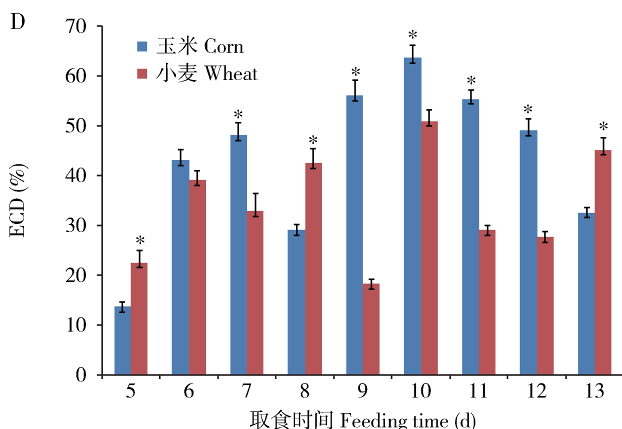




图 1 草地贪夜蛾幼虫在玉米和小麦上的取食量(A)、粪便排泄量(B)、体重(C)及食物利用效率(ECD)(D)
Fig. 1 Food intake (A), excrement discharge (B), body weight (C), and the efficiency of conversion of digested food to body substance (ECD) (D) of *Spodoptera frugiperda* larvae on corn and wheat
图中数值为平均值 ± 标准误。柱上星号标记表示同一天内两处理组间差异显著($P<0.05$, 单因素方差分析)。Data in the figure are mean ± *SE*. The asterisk above bars indicate significant difference ($P<0.05$) between the two treatment groups on the same day by one-way ANOVA.

比较食物利用效率(ECD)可知,草地贪夜蛾在玉米上取食时, 其 6, 7, 9, 10, 11 和 12 d 的 ECD 数值明显高于草地贪夜蛾在小麦上取食的($P<0.05$),如在玉米上,草地贪夜蛾自初孵后取食 9 d,

其食物利用效率为 55.93% ±3.16%，而在小麦上取食 9 d，其食物利用效率只有 18.18% ±0.98%（图 1：D）。由此说明，草地贪夜蛾取食玉米时，其食物利用效率更高，有利于自身生长发育，而取食小麦时，其生长发育较快，但食物利用效率相对较低。这些结果的得出，可能与强迫寄主饲养等因素有关，有待深入进行探讨，而关于草地贪夜蛾对寄主植物的选择性应是研究的重点，也是后续研究的方向之一。

### 2.2　取食玉米和小麦的草地贪夜蛾幼虫和蛹的存活率比较

比较草地贪夜蛾幼虫取食玉米、小麦后各龄期的存活情况可知（图 2），草地贪夜蛾幼虫在玉米上取食时，其各龄幼虫的存活率明显高于小麦上的，其中，3 龄和 4 龄幼虫的存活率显著地高于在小麦上取食的（$P<0.05$），在预蛹、蛹阶段的存活率亦显著地高于在小麦上取食的（$P<0.05$）。特别是玉米上取食的草地贪夜蛾预蛹及蛹期的存活率明显高于在小麦上取食的，但草地贪夜蛾取食小麦，其蛹期仍有 35.56% 的存活率。由此说明 23℃ 下草地贪夜蛾可在小麦上完成世代，但其在玉米上的总体存活率要高，因而更适应在玉米上取食为害。

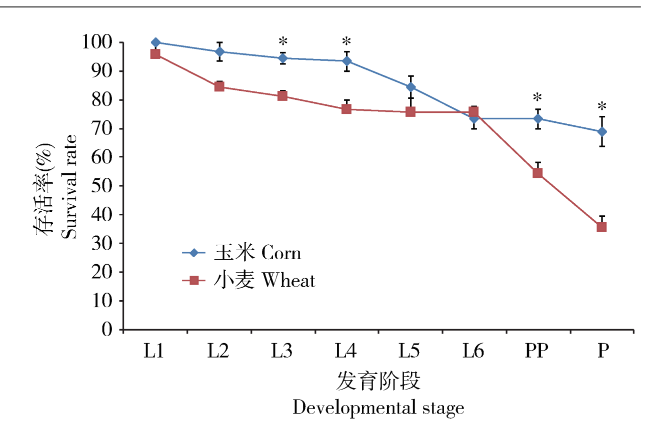



图 2　玉米和小麦上草地贪夜蛾幼虫和蛹的存活率

Fig. 2　Survival rate of *Spodoptera frugiperda* larvae and pupae on corn and wheat

L1 -6：分别为 1 -6 龄幼虫 1st -6th instar larva，respectively；PP：预蛹 Prepupa；P：蛹 Pupa．图中数值为平均值 ± 标准误；折线上星号表示同一天内两处理组间差异显著（$P<0.05$，单因素方差分析）。Data in the figure are mean ± *SE*. The asterisk above the broken line indicate significant difference（$P<0.05$）between the two treatment groups in the same developmental stage by one-way ANOVA.

### 2.3　取食玉米、小麦的草地贪夜蛾幼虫生长发育与繁殖的比较

由表 1 可知，23℃ 下，草地贪夜蛾在玉米上取食的幼虫各龄历期（除 1 龄外）均显著地高于小麦上的（$P<0.05$）；草地贪夜蛾在玉米上取食，其幼虫总历期为 25.00 d，而小麦上为 17.83 d，即草地贪夜蛾幼虫在玉米上取食，其幼虫历期亦显著地长于在小麦上取食的（$P<0.05$），进而说明，草地贪夜蛾幼虫在小麦上取食时生长发育更快，这可能与玉米、小麦提供的营养物质不同以及草地贪夜蛾的取食嗜好等有关。

**表 1　取食玉米和小麦的草地贪夜蛾幼虫各龄历期（d）**

**Table 1　Duration（d）of different instars of *Spodoptera frugiperda* larvae fed on corn and wheat**

| 寄主 Host | 1 龄 1st instar | 2 龄 2nd instar | 3 龄 3rd instar | 4 龄 4th instar | 5 龄 5th instar | 6 龄 6th instar | 幼虫总历期 Total larval duration |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 玉米 Corn | 2.00 ±0.03 a | 2.84 ±0.15 a | 3.36 ±0.15 a | 4.16 ±0.14 a | 5.21 ±0.39 a | 7.44 ±0.31 a | 25.00 ±1.10 a |
| 小麦 Wheat | 1.63 ±0.14 a | 2.09 ±0.08 b | 2.65 ±0.13 b | 2.85 ±0.20 b | 3.21 ±0.12 b | 5.41 ±0.02 b | 17.83 ±0.09 b |

表中所列的数据为平均值 ± 标准误。同列数据后有不同字母的表示经单因素方差分析差异显著（$P<0.05$）。Data listed in the table are mean ± *SE* and those in the same column with different letters are significantly different by one-way ANOVA（$P<0.05$）. 表 2 和表 3 同 The same for Tables 2 and 3.

由表 2 可知，取食玉米时，草地贪夜蛾的平均蛹重为 167.92 mg，低于取食小麦的平均蛹重（175.44 mg），但经单因素方差分析，两者间无显著性差异。在玉米上取食的草地贪夜蛾的产卵前期与在小麦上的亦无显著差异（$P>0.05$），两者的产卵前期分别为 3.92 d 和 3.83 d。比较不同寄主上的雌成虫寿命，取食玉米的草地贪夜蛾的雌成虫寿命显著地长于取食小麦的（$P<0.05$），两者雄成虫寿命间无显著差异（$P>0.05$）。取食玉米和取食小麦的草地贪夜蛾单雌产卵量间亦无显著差异（$P>0.05$），分别为 951.32 粒和 739.41 粒，但取食玉米的草地贪夜蛾的卵孵化率高达 94.77%，显著地高于取食小麦的草地贪夜蛾卵孵化率（$P<0.05$）。由此说明，23℃ 下，草地贪夜蛾成虫在小麦上的繁殖能力明显低于在玉米上的，从而说明玉米更有利于其种群繁殖和壮大。

比较草地贪夜蛾取食玉米、小麦的生命表参数（表 3）可知，取食玉米草地贪夜蛾的平均世代周期（$T$）达到 40.68 ±0.89 d，高于取食小麦的 39.18 ±0.31 d。另外，取食玉米草地贪夜蛾的净增殖率（$R_0$）、

表 2 取食玉米和小麦的草地贪夜蛾成虫寿命及繁殖能力

Table 2 Adult longevity and reproductive ability of *Spodoptera frugiperda* fed on corn and wheat

| 寄主 Host | 蛹重(mg) Pupal weight | 产卵前期(d) Prespawning duration | 雌成虫寿命(d) Female adult longevity | 雄成虫寿命(d) Male adult longevity | 单雌产卵量(粒) Number of eggs laid per female | 卵孵化率(%) Egg hatching rate |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 玉米 Corn | 167.92 ±10.58 a | 3.92 ±0.29 a | 11.50 ±0.52 a | 9.36 ±0.37 a | 951.32 ±107.80 a | 94.77 ±0.54 a |
| 小麦 Wheat | 175.44 ±10.14 a | 3.83 ±0.76 a | 9.98 ±0.44 b | 8.47 ±0.56 a | 739.41 ±213.96 a | 77.91 ±6.64 b |

表 3 取食玉米和小麦的草地贪夜蛾生命表参数

Table 3 Life table parameters of *Spodoptera frugiperda* fed on corn and wheat

| 寄主 Host | 平均世代周期(d) Mean generation time $T$ | 净增殖率 Net reproductive rate $R_0$ | 内禀增长率($d^{-1}$) Intrinsic rate of increase $r_m$ | 周限增长率($d^{-1}$) Finite rate of increase $\lambda$ |
|---|---|---|---|---|
| 玉米 Corn | 40.68 ±0.89 a | 303.55 ±2.04 a | 0.1405 ±0.0058 a | 1.1497 ±0.0071 a |
| 小麦 Wheat | 39.18 ±0.31 a | 176.92 ±3.46 b | 0.1321 ±0.0099 a | 1.1307 ±0.0045 a |

内禀增长率($r_m$)、周限增长率($\lambda$)均亦高于取食小麦的。经单因素方差分析,除净增殖率($R_0$)外,取食玉米、小麦的各生命表参数间均无显著差异($P > 0.05$)。取食玉米的草地贪夜蛾的净增殖率($R_0$)显著地高于取食小麦的($P < 0.05$)。因此,草地贪夜蛾取食玉米、小麦虽然均能完成世代生活史,但23℃下草地贪夜蛾更适宜在玉米上取食为害,其净增殖率高,更有利于其种群发生。

## 3 结论与讨论

草地贪夜蛾具有寄主范围广、适应性强等特点,且入侵我国的草地贪夜蛾属特殊的“玉米型”,可取食和为害多种禾本科作物以及其他多科作物和杂草等,因此草地贪夜蛾能否转移在其他重要作物上暴发为害,应该是眼下必须明确的问题。昆虫对寄主植物的选择受选择压力、寄主植物的营养物质和植物挥发物等的影响,而昆虫偏好选择在营养丰富的寄主植物上生长和为害,以利于后代的生长发育(Thompson, 1988)。本研究结果表明,23℃下草地贪夜蛾幼虫均适宜在玉米、小麦上取食和生长,与前面的 26℃研究结果(巴吐西等, 2020)相一致。但本研究关于取食及食物利用效率等数据(图 1)表明,草地贪夜蛾在玉米上取食时取食量小、体重轻且发育较慢,但其食物利用效率高;而在小麦上取食时取食量大、体重重且发育较快,但其食物利用效率低,由此说明 23℃下草地贪夜蛾幼虫对玉米取食的适合度要高于小麦。另外,本研究 23℃下草地贪夜蛾成虫在小麦上的单雌产卵量、卵孵化率、净增殖率 $R_0$ 等数据(表 2 和 3)表明,草地贪夜蛾成虫在玉米上的繁殖能力显著高于小麦的,在玉米上更有利于其种群壮大。

草地贪夜蛾作为一种首次入侵我国的重大迁飞性害虫,经过入侵-定殖-扩散等过程后,在我国的发生和为害将常态化,最终必将成为周年发生的重大害虫(姜玉英等, 2019b),加之我国种植制度非常复杂,可为草地贪夜蛾提供较多的寄主作物,因此研究草地贪夜蛾转移寄主为害具有非常重要的现实意义。本研究结果表明,由于草地贪夜蛾的成虫偏好选择在玉米上产卵,且其在玉米上的食物利用效率和净增殖率显著高于在小麦上的,故当田间玉米、小麦等适宜寄主并存时,草地贪夜蛾会优先选择玉米为害;而当玉米收获后,在无其他适宜寄主时,草地贪夜蛾有转移至小麦上为害的风险。因此,在云南、贵州等周年繁殖区,该虫能对小麦-玉米轮作模式下的小麦造成为害;在湖北、安徽等迁飞过渡区,因为温度适宜,其在早播小麦上也能造成一定的为害;但在北方防范区,因其小麦生长期间的气温过低,草地贪夜蛾在冬小麦上暴发的可能性极小。另外,本研究仅用了饲养一代的数据,未对草地贪夜蛾取食玉米和小麦的适合度进行深入研究,其结果尚需进一步验证,有待之后改进和更深入的研究。总之,关于昆虫-寄主-环境之间的互作关系尚需要更多的细致深入研究。本研究对生产实际具有重要的指导意义,希望当前各相关部门应密切关注草地贪夜蛾在麦田及其他作物上发生和为害情况的监测,并结合天气等环境资料,未雨绸缪,切实做好草地贪夜蛾在我国暴发为害的科学防控。

### 参考文献 (References)

Ba TX, Zhang YH, Zhang Z, Guan DD, Li CC, Ji ZY, Yin XT, Zhang

AH, Tang QB, Liu YH, Li XR, Zhu X, 2020. The host preference and population life tables of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on maize and wheat. *Plant Prot.*, 46(1): 17-23. [巴吐西，张云慧，张智，关豆豆，李翠翠，季昭云，殷新田，张爱环，汤清波，刘延辉，李祥瑞，朱勋，2020. 草地贪夜蛾对小麦和玉米的产卵选择性及其种群生命表. 植物保护，46(1): 17-23]

Chi H, Liu H, 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bull. Inst. Zool. Acad. Sin.*, 24(2): 225-240.

Gu RC, Tang YL, Wu YY, Niu XH, Li QY, Guo ZB, Xiang L, Jiang RX, Lei YF, Liu X, Hu Y, Bao JL, Li T, Wei JH, Pan GQ, Zhou ZY, 2019. Comparison of gut bacteria between *Spodoptera frugiperda* and *Mythimna seperata* feeding on sorghum in Chongqing area. *J. Southwest Univ.* (*Nat. Sci. Ed.*), 41(8): 6-13. [顾偌铖，唐运林，吴燕燕，牛小慧，李青晏，郭志斌，向丽，蒋睿轩，雷云飞，刘秀，胡源，包佳玲，李田，韦俊宏，潘国庆，周泽扬，2019. 重庆地区取食高粱的草地贪夜蛾与玉米黏虫肠道细菌比较. 西南大学学报(自然科学版)，41(8): 6-13]

He LM, Ge SS, Chen YC, Wu QL, Jiang YY, Wu KM, 2019. The developmental threshold temperature, effective accumulated temperature and prediction model of developmental duration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Plant Prot.*, 45(5): 18-26. [何莉梅，葛世帅，陈玉超，吴秋琳，姜玉英，吴孔明，2019. 草地贪夜蛾的发育起点温度、有效积温和发育历期预测模型. 植物保护，45(5): 18-26]

Jiang YY, Liu J, Xie MC, Li YH, Yang JJ, Zhang ML, Qiu K, 2019a. Observation on law of diffusion damage of *Spodoptera frugiperda* in China in 2019. *Plant Prot.*, 45(6): 10-19. [姜玉英，刘杰，谢茂昌，李亚红，杨俊杰，张曼丽，邱坤，2019a. 2019 年我国草地贪夜蛾扩散为害规律观测. 植物保护，45(6): 10-19]

Jiang YY, Liu J, Zhu XM, 2019b. Occurrence and future trends of *Spodoptera frugiperda* invasion in China. *China Plant Prot.*, 39(2): 33-35. [姜玉英，刘杰，朱晓明，2019b. 草地贪夜蛾侵入我国的发生动态与未来趋势分析. 中国植保导刊，39(2): 33-35]

Li HC, Wang Z, Chen YL, 1987. Food consumption and utilization by three species of acridoids (adult stage) in typical steppe. *Acta Ecol. Sin.*, 7(4): 331-337. [李鸿昌，王征，陈永林，1987. 典型草原三种蝗虫成虫期的食物消耗量及其利用的初步研究. 生态学报，7(4): 331-337]

Liu YQ, Wang XQ, Zhong YW, 2019. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* feeding on cabbage in Zhejiang. *Plant Prot.*, 45(6): 90-91. [刘银泉，王雪倩，钟宇巍，2019. 草地贪夜蛾在浙江为害甘蓝. 植物保护，45(6): 90-91]

Lu ZH, He SQ, Yan NS, Zhao WJ, Yao WF, Chen YP, Yang T, Jiang YY, Gui FR, 2019. Effects of temperatures on the development and reproduction of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* Smith). *Plant Prot.*, 45(5): 27-31. [鲁智慧，和淑琪，严乃胜，赵文杰，姚万福，陈亚平，杨通，姜玉英，桂富荣，2019. 温度对草地贪夜蛾生长发育及繁殖的影响. 植物保护，45(5): 27-31]

Montezano DG, Specht A, Sosa-Gómez DR, Roque-Specht VF, Sousa-Silva JC, Paula-Moraes SV, Peterson JA, Hunt TE, 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *Afr. Entomol.*, 26(2): 286-300.

Pashley DP, 1986. Host-associated genetic differentiation in fall army worm (Lepidoptera: Noctuidae): a sibling species complex. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 79(6): 898-904.

Pashley DP, Martin JA, 1987. Reproductive incompatibility between host strains of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 80(6): 731-733.

Thompson JN, 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomol. Exp. Appl.*, 47(1): 3-14.

Todd EL, Poole RW, 1980. Keys and illustrations for the armyworm moths of the noctuid genus *Spodoptera* Guenée from the Western Hemisphere. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 73(6): 722-738.

Xie DJ, Zhang L, Cheng YX, Jiang XF, 2019. Age-stage two-sex life table for laboratory populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* at different temperatures. *Plant Prot.*, 45(6): 20-27. [谢殿杰，张蕾，程云霞，江幸福，2019. 不同温度下草地贪夜蛾年龄-阶段实验种群两性生命表的构建. 植物保护，45(6): 20-27]

Xu LN, Hu BJ, Su WH, Qi RD, Qiu K, Zheng ZY, Zhang QY, Zhou ZY, Qi SS, Hu F, Wang ZY, 2019. Fall armyworm damaging early sowing wheat in Anhui province. *Plant Prot.*, 45(6): 87-89. [徐丽娜，胡本进，苏卫华，戚仁德，邱坤，郑兆阳，张启勇，周子燕，戚士胜，胡飞，王振营，2019. 安徽发现草地贪夜蛾为害早播小麦. 植物保护，45(6): 87-89]

Yang PY, Zhu XM, Guo JF, Wang ZY, 2019. Strategy and advice for managing the fall armyworm in China. *Plant Prot.*, 45(4): 1-6. [杨普云，朱晓明，郭井菲，王振营，2019. 我国草地贪夜蛾的防控对策与建议. 植物保护，45(4): 1-6]

Yang XL, Liu YC, Luo MZ, Li Y, Wang WH, Wan F, Jiang H, 2019. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* moved into southwestern China for the first time in Jiangcheng County, Yunnan Province. *Yunnan Agric.*, (1): 72. [杨学礼，刘永昌，罗茗钟，李依，王文辉，万飞，姜虹，2019. 云南省江城县首次发现迁入我国西南地区的草地贪夜蛾. 云南农业，(1): 72]

Zhang L, Liu B, Jiang YY, Liu J, Wu KM, Xiao YT, 2019. Molecular characterization analysis of fall armyworm populations in China. *Plant Prot.*, 45(4): 20-27. [张磊，柳贝，姜玉英，刘杰，吴孔明，萧玉涛，2019. 中国不同地区草地贪夜蛾种群生物型分子特征分析. 植物保护，45(4): 20-27]

Zhao M, Yang JG, Wang ZY, Zhu JS, Jiang YY, Xu ZC, Zhu P, Wang ZH, Yu Y, Men XY, Li LL, 2019. *Spodoptera frugiperda* were found damaging potato in Shandong province. *Plant Prot.*, 45(6): 84-86. [赵猛，杨建国，王振营，朱军生，姜玉英，徐兆春，朱萍，王振华，于毅，门兴元，李丽莉，2019. 山东发现草地贪夜蛾为害马铃薯. 植物保护，45(6): 84-86]

Zou CH, Yang JJ, 2019. Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* can damage *Coix lacryma-jobi* L. *China Plant Prot.*, 39(8): 47. [邹春华，杨俊杰，2019. 草地贪夜蛾为害薏苡. 中国植保导刊，39(8): 47]

（责任编辑：赵利辉）